



Centro Universitário de Brasília

Faculdade de Ciências da Saúde

ECOSSISTEMAS CAVERNÍCOLAS

LUIZ HENRIQUE DAVID

Brasília – 2002

Centro Universitário de Brasília
Faculdade de Ciências da Saúde
Licenciatura em Ciências Biológicas

ECOSSISTEMAS CAVERNÍCOLAS

LUIZ HENRIQUE DAVID

**Monografia apresentada à Faculdade
de Ciências da Saúde do Centro
Universitário de Brasília, como parte
dos requisitos para obtenção do grau
de Licenciado em Ciências Biológicas.**

**Orientação: Prof. Marcelo Ximenes A.
Bizerril (FACS - UniCEUB)**

Brasília – 2002

Dedicatória

Dedico esta monografia à minha família, pois sem ela não sei se teria a oportunidade de estar concluindo este curso. Dedico também a minha namorada, Vivian, que abriu mão de momentos especiais, para que eu pudesse finalizar o presente trabalho. E por fim a todos que foram pacientes comigo, neste corrido e atarefado final de curso.

Pensamento Espeleológico

“De uma caverna nada se mata, a não ser o tempo; nada se deixa, a não ser pegadas nos lugares certos; e nada se tira, a não ser fotografias”.

AGRADECIMENTOS

Várias pessoas ajudaram e colaboraram para que este trabalho fosse concluído com êxito. Inicialmente agradeço ao meu orientador Marcelo Ximenes, pelas dicas e sugestões acrescidas à este trabalho, e pelos importantes momentos de conversas para o melhor desenvolvimento do mesmo. Não posso deixar de agradecer ao amigo e primo Dadá, pessoa responsável pela minha iniciação na espeleologia, além de ajudar na escolha do tema e na disponibilização das primeiras referências bibliográficas. Gostaria de agradecer ao meu cunhado Henrique Resende pelas buscas bibliográficas na USP e a Rita do CECAV-IBAMA pelo mesmo motivo. Outra pessoa importante foi Mercedes B. David, minha mãe, a qual devo agradecer pelas correções ortográficas. Devo agradecer àqueles que além de transmitirem seus conhecimentos, demonstraram que o professor deve descer do pedestal, e ser mestre e amigo, como a Fernanda (Embriologia / Genética), Bethinha (Fisiologia Animal e Elementos Botânica e Zoologia), Dulce (Botânica e Evolução), Engel (Zoologia), Fred (Ecologia), Marcinha (Química), Getúlio Brasil (Física) e em especial o professor Cláudio (Anatomia e Monografia), que demonstrou ser um grande amigo, conversando e aconselhando sempre que necessário. A todas essas pessoas o meu sincero MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A caverna e suas deposições minerais são formadas por processos geoquímicos e físicos, pois envolvem a dissolução e os abatimentos, respectivamente. A litogia que mais favorece a gênese de cavidades subterrâneas é a calcária, e sua gênese pode durar milhares de anos. O ambiente no interior das cavernas (hipógeo) caracteriza-se pela sua estabilidade, com umidade elevada e temperaturas que oscilam muito pouco, pois nas zonas mais profundas há ausência total de luz. Este fato faz com que a fauna subterrânea se adapte a tais fatores, gerando diferentes graus de especialização à vida subterrânea. A fauna de caverna é classificada como troglótenos, troglófilos e troglóbios, pertencendo a este último os animais exclusivos de cavernas, que atingem o grau máximo de especialização às condições citadas anteriormente. Para sobreviver os troglóbios necessitam de fontes de energia, uma vez que não saem para o meio externo (epígeo). A principal maneira de obtenção de energia, é através da importação de nutrientes pelos animais que saem da caverna, sendo o principal o guano dos morcegos, pois a ausência de luz não permite o desenvolvimento de seres fotoautotróficos. A espeleologia brasileira teve início no século XVII, com a atividade mineradora nos estados da Bahia e Minas Gerais. O principal objetivo da época era extrair o salitre, matéria prima para a fabricação de pólvora. Após este período, naturalistas estrangeiros radicados no Brasil, exploraram as cavernas brasileiras para fins paleontológicos e arqueológicos. Recentemente as cavernas vêm sendo impactadas seriamente por atividades como mineração, agropecuária, crescimento urbano, desmatamento e construção de usinas hidrelétricas. O Ecossistema Cavernícola é muito peculiar e deve ser preservado, pois ali pode haver respostas à algumas questões relacionadas à evolução, além de possuir muitas espécies totalmente desconhecidas pela comunidade científica.

PALAVRAS-CHAVE: cavernas, espeleogêne, bioespeleologia, fauna cavernícola, conservação de cavernas.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Estrutura do Carste.....	3
2.1. Espeleogênese: o “nascimento” de uma caverna.....	4
2.2. Os espeleotemas.....	5
3. Bioespeleologia.....	6
3.1. Classificação ecológica da fauna cavernícola.....	7
3.2. Adaptações da fauna hipógea.....	9
3.3. As fontes de energia de uma caverna.....	10
4. As cavernas brasileiras.....	12
4.1. Impactos antrópicos nas cavernas brasileiras.....	13
5. Medidas legais para conservação e proteção.....	14
6. Considerações finais.....	15
7. Referências Bibliográficas.....	17

1. INTRODUÇÃO

A espeleologia (gr. *spelaiion* = caverna e *logos* = estudo) no Brasil teve início no século XVII, quando cavernas de Minas Gerais e da Bahia passaram a ser constantemente visitadas. O objetivo destas visitas foi a busca de salitre, matéria prima para a fabricação de pólvora. Esta atividade durou até o fim do século XVIII (Lino & Allievi 1980).

Entre o fim do século XVIII e a metade do século XIX, alguns naturalistas produziram alguns esboços cartográficos com fins militares. Um exemplo foi a visita de Alexandre Rodrigues Ferreira, naturalista baiano, em 1790, que descreveu sucintamente a Gruta da Onça no Mato Grosso (Auler 1997).

De 1835 a 1844, Peter Wilhelm Lund, um importante naturalista dinamarquês radicado no Brasil, iniciou suas expedições paleontológicas, estudando os fósseis da região de Lagoa Santa, Minas Gerais. Na busca de fósseis, Lund, com auxílio do desenhista norueguês Peter Andreas Brandt, mapeou algumas cavernas mineiras com boa riqueza gráfica. Nesta região, Lund descobriu 115 espécies fósseis, dentre elas enormes mamíferos pleistocênicos, como os mastodontes, gliptodontes, o tigre dente-de-sabre e preguiças gigantes (Lino 1989, Mendes 1998b, Piló 1999).

Outro importante naturalista estrangeiro foi o alemão Richard Krone que, entre 1895 e 1906, realizou estudos paleontológicos e arqueológicos na região do Vale do Ribeira. Em 1950, Krone organizou o primeiro cadastro espeleológico brasileiro, com a catalogação de 41 cavernas do Vale do Ribeira, apresentando mapas e fotografias das mesmas (Lino 1989, Auler 1997).

Após estes dois naturalistas importantes para a espeleologia brasileira, aconteceram descobertas, catalogações e mapeamentos de algumas cavernas, porém de menor repercussão. Estes trabalhos foram feitos pelo naturalista mineiro Álvaro da Silveira, pelo cartógrafo Afonso Guaíra Heberle acompanhado de Heitor Cantagalli e pelos membros da Academia Mineira de Ciências, Aníbal Mattos e H. Walter, dentre outros. Todas essas publicações eram referentes a estudos em cavernas mineiras (Auler 1997).

Com o desenvolvimento da espeleologia no Brasil, houve a necessidade da criação de alguma entidade organizada no país. Inspirada na *Société Spéléologique de France* surge, em outubro de 1937, a primeira entidade de espeleologia das américas, chamada Sociedade Excursionista e Espeleológica – SEE, da Escola Federal de Minas de Ouro Preto (Lino 1989, Piló 1999), que entre 1960 e 1970 publicaram alguns levantamentos faunísticos em cavernas mineiras e baianas. Estes levantamentos contêm alguns erros conceituais e de identificação, necessitando de uma revisão à luz dos conhecimentos atuais (Trajano 1992).

Por volta de 1960, foi criada a seção de espeleologia do Clube Alpino Paulista, grupo que desenvolveu significativamente a espeleologia no estado de São Paulo. Este grupo foi criado por espeleólogos europeus, cabendo citar Michel Le Bret, Pierre Martin e Guy Collet. Coube aos espeleólogos do Clube Alpino Paulista a organização do primeiro Congresso Brasileiro de Espeleologia, em 1964 (Lino 1989, Auler 1997).

Com o intuito de desenvolver a espeleologia no Brasil, foi criada a Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE, em 1969. Um de seus objetivos era incentivar a criação de outros grupos, a fim de inventariar e documentar o maior número de cavidades no Brasil (Auler 1997).

Em 1971, a SBE normatizou a catalogação das cavernas brasileiras. Foi adotado um sistema de numeração por ordem cronológica, juntamente da sigla do estado onde se encontra a cavidade (Lino & Allievi 1980). Por exemplo, a décima caverna cadastrada no estado de São Paulo, recebe a sigla SP-10.

No ano de 1976, a SBE iniciou a publicação do Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil – CNC, com dados do inventário de cavernas brasileiras, periodicamente atualizado. Como exemplo, podemos citar que em 1979, foram catalogadas 438 grutas e no ano de 1993, o inventário continha aproximadamente 2000 cavernas no território nacional (Lino & Allievi 1980, Auler 1997).

É importante ressaltar que a espeleologia não é uma área do conhecimento que se desenvolva individualmente. Juntamente ao estudo das cavidades naturais, avançam também, ciências como a paleontologia, que investiga o passado da vida, na forma de fósseis (Simões 2002a). Deve-se ter em mente que as cavernas

possuem uma forte ligação com o homem pré-histórico, pois tais cavidades serviram de abrigo para os hominídeos, atualmente sendo objeto de estudo da arqueologia e da antropologia (Piló 1999, Simões 2002b).

Para o avanço do estudo de cavernas, o espeleólogo deve conhecer a gênese e evolução da caverna, sendo relevante um certo conhecimento de geologia (Lino 1989). Com o objetivo de representar graficamente uma cavidade, é necessária a presença de um cartógrafo, que permitirá uma visualização e interpretação da mesma através de mapas, plantas e croquis (Lino & Allievi 1980).

Para conhecer a flora e principalmente a fauna subterrânea, suas relações, riqueza e diversidade, dentre outros, é importante haver, em expedições espeleológicas, a presença de um biólogo.

A caverna representa uma importante área de interesse do ponto de vista biológico, tanto pelas características peculiares das espécies, como pelo funcionamento do ecossistema cavernícola.

O objetivo deste trabalho é fazer uma revisão sobre o ecossistema cavernícola, enfatizando a estrutura e principalmente a biologia das cavernas, citando as medidas legais para sua conservação.

2. ESTRUTURA DO CARSTE

O texto a seguir é uma revisão baseada nas publicações de Lino & Allievi (1980) e Lino (1989).

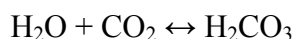
Inicialmente, fundamental definir o que é o carste (al. *karst* = campo de pedras calcáreas). Segundo Lino (1989, p.54-55), “*o carste se caracteriza, via de regra, como grandes extensões de rocha calcárea onde a drenagem é predominantemente subterrânea e a paisagem mostra feições muito particulares. São vales fechados, grandes depressões do terreno – dolinas, torres, pontes e arcos de pedra, grandes paredões verticais, canyons, sumidouros e ressurgência de rios, grutas e abismos*”.

Devido principalmente à natureza da rocha e pelo sistema hídrico, o processo evolutivo da paisagem cárstica, é realizado por processos geoquímicos, uma vez que a rocha é dissolvida, adicionados aos processos físicos dos abatimentos (Kohler & Castro 1996).

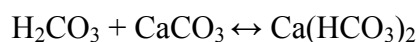
2.1. ESPELEOGÊNESE: O “NASCIMENTO” DE UMA CAVERNA

Para o desenvolvimento de cavernas, existem algumas condições, como a solubilidade da água, sua acidez e o seu grau de fissuras e juntas. O tipo de rocha que melhor se enquadra nestes quesitos é a rocha calcária.

Quando a água da chuva passa pela atmosfera, dissolve e carrega dióxido de carbono (CO_2), formando o ácido carbônico (H_2CO_3). Ao passar pelas camadas superficiais do solo, a água carrega mais dióxido de carbono nele presente, tornando esta solução muito ácida. Esta etapa é chamada de acidulação da água:



Seguindo o ciclo da água, o ácido carbônico penetra no solo em direção ao nível freático, onde atinge a rocha carbonática, infiltrando pelas fraturas e dissolvendo o carbonato de cálcio (CaCO_3) contido na rocha, obtendo como produto o bicarbonato de cálcio $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$:



Continuando o ciclo, a água torna-se saturada de bicarbonato de cálcio e perde sua capacidade de dissolução. Porém, as fissuras das rochas se juntam, quebrando o equilíbrio químico das soluções de cada fissura. Este desequilíbrio devolve à água sua propriedade de dissolução, criando na rocha espaços vazios e condutos. Este espaço na rocha é o estágio inicial da formação das cavernas.

Em outro estágio, estes condutos das rochas vão se ampliando gradualmente, originando galerias, salões e abismos, que coletarão as águas dos rios e as águas da superfície, passando a compor a drenagem subterrânea.

Seguindo a evolução das cavidades subterrâneas, serão criadas novas galerias laterais e os salões existentes se alargarão, devido à remoção das camadas mais carbonáticas e pela erosão das bases das paredes laterais, podendo ocasionar

desmoronamentos de rochas que irão abrir salões ou obstruir passagens (Ferreira & Martins 1999, 2001).

2.2. OS ESPELEOTEMAS

O termo espeleotema, deriva do grego cuja etimologia é *spelaiion*, caverna e *thema*, depósito, ou seja, são os depósitos de minerais no interior das cavernas, formados por processos químicos de dissolução e precipitação.

As estalactites e estalagmites são os espeleotemas mais conhecidos e, geralmente, são os primeiros a serem formados nas cavidades.

O processo de formação é basicamente o mesmo da gênese das cavernas, porém a água infiltrada nas fraturas das rochas carbonáticas, emergirá no teto de uma caverna já existente, carreando para o interior o carbonato de cálcio dissolvido na água.

A gota desta solução de água (bicarbonato de cálcio) fica presa no teto, até adquirir volume e peso suficientes para superar a tensão superficial e cair.

Enquanto presa ao teto da cavidade, a solução é submetida à condições diferentes das encontradas nas fraturas das rochas. São alterados: o pH, a ventilação, a temperatura e, principalmente, a pressão de CO₂, que diminui. Esta diminuição de pressão de CO₂, gera um desequilíbrio químico da solução, liberando o dióxido de carbono e precipitando uma parte do bicarbonato de cálcio dissolvido:



Devido aos fatores acima mencionados, a parte mais externa da gota, é a área de maior desequilíbrio, formando os primeiros cristais de calcita (carbonato de cálcio). Na parte de contato entre a gota e o teto, será formado um anel cristalino, que será a base da futura estalactite tubular e oca, que cresce gota após gota.

Quando a gota cai do teto, ainda há bicarbonato de cálcio, que será depositado no chão sucessivamente, formando as estalagmites. Com o

crescimento contrário das estalactites e estalagmites, elas poderão se unir, formando uma só estrutura, denominada de coluna.

A calcita é um mineral transparente ou branco quando puro. No entanto, quando há presença de impurezas ou outros minerais nas soluções, os espeleotemas apresentam diversas tonalidades. A presença de ferro confere às ornamentações os tons do vermelho, e sais de cobre formam espeleotemas azuis.

Vale ressaltar que a formação de estalactite, de estalagmite e de colunas se dá pelo mecanismo de gotejamento. Porém este processo não é único, e outros mecanismos são freqüentes, cabendo citar o escorrimento, borrifamento, exudação e floculação.

Se a gota estiver em um teto inclinado, a mesma escorrerá e irá deixar um ‘rastros’ de calcita que não dará origem a uma estalactite, mas sim a uma lâmina vertical ondulada, denominada cortina. Este exemplo serve para esclarecer que vários fatores influenciam o tipo de espeleotema que será formado, tanto de aspectos físicos da cavidade, quanto de fatores externos, como clima, temperatura, vegetação, características da rocha, dentre outros.

Existem vários outros exemplos de espeleotemas, como represas de travertino, flores e estrelas de calcita, cristais dentes-de-cão, jangadas, vulcões e ninhos de pérolas, cada um com peculiaridades quanto à sua formação e composição.

3. BIOESPELEOLOGIA

O ecossistema cavernícola é considerado um dos mais peculiares e estáveis existentes. As cavernas são caracterizadas pela total ausência de luz nas zonas mais profundas, pela relativa escassez alimentar e pela baixa população de predadores (Trajano & Moreira 1991, Moreira & Trajano 1992, Ferreira & Pompeu 1997, Mendes 1998a e b, Gomes *et al.* 2000).

A média anual das temperaturas do meio epígeo (ambiente externo à caverna), se aproxima da temperatura do meio hipógeo (ambiente da caverna, propriamente dito). A medida que a distância da entrada aumenta, a oscilação da

temperatura interna diminui, característica que pode ser confirmada na publicação de Motta & Peña (1999). As taxas de umidade são extremamente elevadas e tendem à saturação (Moreira & Trajano 1992, Hoenen 1997, Ferreira *et al.* 2000, Gomes *et al.* 2000, Ferreira & Martins 2001).

A distinção das três zonas de uma caverna é baseada na interação de luz, temperatura e umidade. Este zoneamento condiciona uma maior ou menor diversidade de espécies da fauna e da flora das cavernas. A entrada da caverna é a primeira zona, na qual existe presença de luz, e a temperatura e umidade são mais semelhantes ao meio epígeo. A segunda zona, é denominada zona de penumbra, crepuscular ou zona de temperatura variável, onde a ausência de luz é total, com relativas variações de temperatura e umidade devido às correntes de ar entre o meio interno e externo. Por último, temos a zona escura, afótica ou ainda zona de temperatura constante, na qual a temperatura é amena e praticamente constante, com umidade elevada, geralmente entre 90% e 100% (Lino & Allievi 1980, Trajano 1987, Lino 1989, Moreira & Trajano 1992).

3.1. CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA DA FAUNA CAVERNÍCOLA

A classificação da fauna das cavernas foi desenvolvida por Schiner (1854) e Racovitza (1907), e leva em consideração o grau de especialização à vida subterrânea (Trajano & Moreira 1991). A fauna cavernícola é dividida em três categorias: troglófilos, troglóbios e troglóxenos (Trajano 1987 e 1998, Ferreira & Martins 1999, Gomes *et al.* 2000, Ferreira & Martins 2001).

Segundo Pinto-da-Rocha (1996), o registro faunístico brasileiro, contém 537 invertebrados e 76 vertebrados relacionados às cavernas. Porém este número é insignificante, uma vez que a SBE estima que apenas cinco por cento do patrimônio espeleológico brasileiro tenha sido catalogado (Ferreira & Martins 2001).

Os troglóxenos (gr. *troglos* = caverna e *xenos* = estrangeiro) são animais comumente encontrados em cavernas, podendo ser o local de sua reprodução ou abrigo, porém dependem do meio epígeo para buscar os alimentos. São os principais importadores de matéria orgânica, uma vez que suas fezes, o guano, são

a base da cadeia alimentar de muitas cavernas, conforme será detalhado posteriormente. Como principal exemplo, podemos citar os morcegos, com ocorrência de aproximadamente 1.000 espécies, o que corresponde a cerca de 25% da fauna de mamíferos mundial (Gonçalves 2001), demonstrado Figura 1.

A fauna troglófila (gr. *troglos* = caverna e *filo* = amigo) é caracterizada pelas espécies facultativas, adaptadas ecologicamente às cavidades, que não apresentam especializações que restrinjam seu desenvolvimento no meio epígeo, podendo completar seu ciclo vital tanto no meio subterrâneo quanto fora dele. Entre os mais freqüentes estão crustáceos, diplópodes, aranhas, opiliões e insetos, conforme exemplar do grilo-aranha na Figura 2.

Por último, temos os seres troglóbios (gr. *troglos* = caverna e *bio* = vida), que são representados pelas espécies obrigatoriamente hipógeas, que nascem, alimentam-se, reproduzem-se e morrem dentro das cavidades. Os troglóbios apresentam especializações para seu desenvolvimento no meio subterrâneo, as quais serão discutidas oportunamente. O primeiro troglóbio descrito foi o bagre cego *P. kronei*, em 1907 (Pinto-da-Rocha 1996), vide Figura 3.



Figura 1

Morcego, mais importante representante da fauna troglóxena. Fonte: Lino, 1989.



Figura 2

Grilo-aranha, *E. cavernicolus*, um exemplar troglófilo. Fonte: Lino, 1989.



Figura 3

Bagre cego, *P. kronei*, um representante troglóbio. Fonte: Lino, 1989.

Alguns autores utilizam o termo troglomórfico, para se referir às espécies que têm características de troglóbios, mas que não podem assim ser denominados, pois esta caracterização não foi comprovada, o que é uma tarefa difícil que pode levar muito tempo (Ferreira & Martins 1999). Trajano (1997) inclui neste termo os animais que tenham características morfológicas de seres cavernícolas, mas que habitam meios epígeos com condições similares às observadas em uma caverna, como por exemplo espécies que vivem nas profundezas do oceano, onde não há incidência alguma de luz.

Existem os animais que acidentalmente entram nas cavidades, mas não mantêm relação com o meio hipógeo. Tal fato pode ocorrer pela queda, fuga de predadores, condução pelo leito de rios, dentre outros. Alguns animais acidentados geralmente morrem, pois não encontram a saída, machucam-se ou não conseguem alimentos. Frequentemente são encontrados alguns anuros, que em busca de locais úmidos e com temperatura amena entram nas cavidades e não conseguem sair (Trajano 1987)

3.2. ADAPTAÇÕES DA FAUNA HIPÓGEA

A possível teoria da evolução dos troglóbios é o isolamento geográfico de indivíduos ancestrais epígeos no meio subterrâneo há milhares de anos (Trajano & Moreira 1991, Hoenen 1997, Mendes 1998a). As adaptações provavelmente tenham evoluído em resposta às pressões seletivas presentes na caverna, como a escassez de alimentos, e à ausência de pressões externas, como a luz, caracterizando mutações neutras (Ferreira & Martins 2001).

A perpetuação da fauna cavernícola neste ambiente deve-se ao surgimento de adaptações para a sobrevivência em condições desfavoráveis. Tais adaptações ocorrem em três níveis: morfológico, fisiológico e comportamental (Lino 1989).

O primeiro nível apresenta adaptações mais frequentes em animais troglóbios. Cabe citar, como exemplos, as adaptações evolutivas de caráter regressivo que são a atrofia dos olhos e despigmentação melânica cutânea. Há ainda a hipertrofia de órgãos sensoriais, como os grandes barbilhões dos bagres

cegos, para melhor percepção tátil, em um ambiente totalmente sem luz (Trajano & Moreira 1991, Hoenen 1997, Mendes 1998a e b).

A diminuição da atividade metabólica faz com que os troglóbios vivam mais tempo, comparados aos animais do mesmo gênero, porém epígeos. Na postura dos ovos, percebe-se um menor número e maior dimensão dos mesmos. Estas adaptações encaixam-se ao nível fisiológico (Lino 1989).

Com relação ao comportamento dos bagres troglóbios, houve perda do hábito de entrar em tocas. Os bagres epígeos competem pelas tocas para fugir de predadores, fato que não ocorre em bagres de cavernas, tendo como consequência, a perda da agressividade dos animais hipógeos (Mendes 1998a). Os bagres de cavernas são indiferentes à presença de luz, quando estudados em laboratório, porém fogem rapidamente quando percebem estímulos mecânicos na água (Trajano 1998). São catalogadas 77 espécies de peixes subterrâneos no mundo, sendo que 19 podem ser encontradas em cavidades brasileiras (Trajano 1997).

O grilo-aranha de cavernas *Endecous cavernicolus*, que é um representante troglófilo, recebe este nome popular devido ao fato de possuir pernas longas e corpo achatado. Segundo Zefa (2000) o ritual de acasalamento inicia quando os machos emitem um sinal acústico para atração da fêmea. Após aproximação, o casal se toca através das antenas, o macho se vira e se afasta, incentivando a fêmea a subir em seu dorso. A duração da cópula em grilos de cavernas é mais duradoura que nos grilos epígeos. A hierarquia da população de machos de *E. cavernicolus* é estabelecida através de confronto. Já as fêmeas se confrontam para garantir sua alimentação.

3.3. AS FONTES DE ENERGIA DE UMA CAVERNA

Como mencionado anteriormente, nas zonas mais profundas das cavernas, há permanente ausência de luz. Tal fato impede o desenvolvimento de organismos fotoautotróficos, os vegetais, a mais importante fonte de energia em ecossistemas epígeos (Ferreira & Pompeu 1997, Hoenen 1997, Ferreira & Martins 1999). Uma exceção é a presença de poucas espécies de bactérias quimioautotróficas que utilizam ferro ou enxofre para se desenvolver (Ferreira *et al.* 2000).

Um dos fatores que determina a composição da fauna subterrânea é o tipo de recurso, a forma como o mesmo penetra neste ambiente e sua disponibilidade (Ferreira & Martins 2001).

A água dos rios é uma das mais importantes vias de acesso dos nutrientes do ambiente subterrâneo, pois carrega do meio epígeo detritos vegetais, restos de animais e matéria orgânica dissolvida. Outra forma menos eficaz se dá pela circulação do vento nas cavidades (Trajano 1998, Gomes *et al.* 2000).

Os morcegos têm um relevante papel no ecossistema de cavernas, pois saem freqüentemente para o meio epígeo e importam nutrientes na forma de guano, constituindo a mais importante fonte energética, principalmente para as cavernas permanentemente secas (Ferreira *et al.* 2000).

Assim como na classificação dos animais de cavernas, temos também uma classificação para os animais que se alimentam do guano. Tal método baseia-se na afinidade da espécie em relação ao guano. Assim temos: guanóbios, guanófilos e guanóxenos (Ferreira & Pompeu 1997).

Alguns estudos específicos mencionam a importância do guano e relacionam riqueza, diversidade e abundância da fauna associada ao mesmo, cabendo citar as publicações de Ferreira e Pompeu (1997), Ferreira & Martins (1999) e Ferreira *et al.* (2000).

De acordo com estes trabalhos, de uma forma geral, a riqueza de espécies aumenta em relação ao tamanho do depósito fecal, e diminui a medida que o depósito se distancia da entrada. A riqueza e abundância também estão relacionadas à qualidade do guano, interferindo na comunidade fatores como o pH, tempo de deposição e porcentagem de matéria orgânica (Gomes *et al.* 2000).

A cadeia alimentar subterrânea possui poucos níveis tróficos, sendo baseada em decompositores. Um primeiro nível seria dos detritívoros e onívoros, tendo como exemplo colêmbolos, ácaros, larvas de moscas e traças, e um segundo nível, o dos predadores de topo que não são predados, como os pseudo-escorpões, percevejos e aranhas (Trajano & Moreira 1991, Ferreira & Martins 1999).

4. AS CAVERNAS BRASILEIRAS

Segundo dados do Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil – CNC, SBE, o Brasil possui 3251 cavernas cadastradas até o dia 22 de outubro de 2002. Para demonstrar o rápido crescimento das descobertas de novas cavidades, cabe informar que no último dia de setembro de 2002, o inventário espeleológico do Brasil possuía 3231 cavidades, ou seja, em menos de um mês foram incluídas ao CNC 20 novas cavernas.

Minas Gerais é o estado com o maior número de cavernas do Brasil, com 1186 cavidades, o que corresponde a mais de um terço do inventário nacional. O Distrito Federal possui 35 cavernas, representando 1,08% do total de cavidades. Apenas três estados do Brasil não possuem registros de cavidades, são eles: Acre, Maranhão e Roraima. Na figura 4, podemos ver os estados brasileiros que possuem a maior porcentagem de cavernas catalogadas do Brasil (SBE 2002).

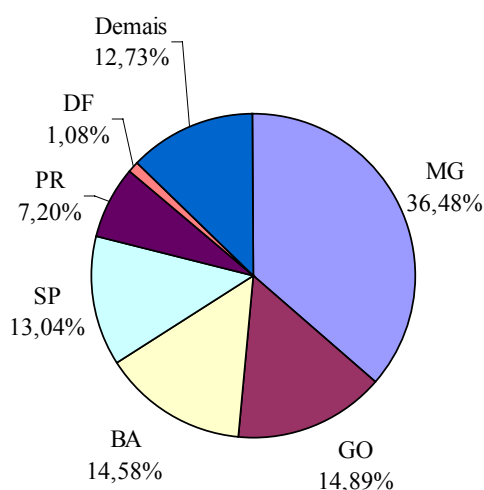


Figura 4: Estados com maior porcentagem de cavernas no território brasileiro em 22/10/02.

As quatro maiores cavernas do Brasil ficam na Bahia, destacando-se a Toca da Boa Vista que possui 97.300 metros de desenvolvimento. Já os maiores desníveis ficam em Minas Gerais, sendo a Gruta do Centenário, com desnível de 481 metros, o maior do Brasil (SBE 2002).

Cerca de 75% das cavernas brasileiras, têm desenvolvimento em litologia calcárea, pois, conforme exposto anteriormente, este tipo de rocha apresenta condições favoráveis ao desenvolvimento de cavidades. Em menor escala temos

no território brasileiro, formações em rochas de quartzito, arenito, dolomito, granito, mármore e micaxisto (SBE 2002).

Temos no Brasil cinco províncias espeleológicas principais que são do Vale Ribeira, do Bambuí, da Serra da Bodoquena, que são carbonáticas, do Alto Paraguai e da Chapada de Ibiapaba. As províncias espeleológicas são divididas em distritos. As cavernas do Distrito Federal são inseridas no Distrito de Brasília, que faz parte da Província Espeleológica do Bambuí (Lino & Allievi 1980, Lino 1989 e Trajano & Gnaspini-Netto 1990).

4.1. IMPACTOS ANTRÓPICOS NAS CAVERNAS BRASILEIRAS

Os impactos antrópicos são alterações abruptas no ambiente cavernícola como um todo ou em parte dele, decorrentes das atividades humanas (Ferreira & Martins 2001). Não importa se o impacto ocorre no meio epígeo ou hipógeo, uma vez que os mesmos não podem ser tratados isoladamente, pois os ecossistemas se interrelacionam e participam de um imenso fluxo de energia (Ayub & Becker 1997).

O desmatamento é um dos impactos indiretos que mais influencia o ambiente subterrâneo. Uma das consequências é a fragmentação de habitats e perda de fauna e flora. Com a ausência de proteção vegetal, o processo erosivo é acentuado, assim como o assoreamento dos rios de drenagem subterrâneos (Piló 1999). Os morcegos frugívoros podem migrar para outras áreas em decorrência da escassez de seus alimentos, desestruturando as relações das espécies hipógeas.

Além de assorear leitos de rios e aumentar a erosão, a agropecuária muitas vezes utiliza desordenadamente a água do lençol freático e sem um conhecimento da capacidade suporte do aquífero pode interferir em comunidades aquáticas de peixes e crustáceos (Trajano 1998). O uso de pesticidas é outro fator que pode influenciar a qualidade da água (Hoenen 1997).

Outra ação do homem capaz de poluir leitos de rios é poluição química através de atividades mineradoras, pois o mercúrio é utilizado para retirar impurezas dos minérios. O calcário extraído, com uso de explosivos em muitos

casos, pode ter diversos usos, como na indústria de cimento, como corretivo do solo e em pavimentações de rodovias.

O processo de crescimento e desenvolvimento urbano também causa impactos aos ecossistemas subterrâneos, pois a capacidade de infiltração das águas pluviais é diminuída. Grandes centros urbanos têm problemas com os depósitos de resíduos sólidos, os quais podem poluir os aquíferos (Piló 1999).

Outros fatores também causam impactos nos ecossistemas hipógeos, como a formação de reservatórios para construção de usinas hidrelétricas que inundam grandes áreas, inclusive cavernas. A iluminação elétrica em cavernas turísticas afetam o meio subterrâneo, pois a luz permite o desenvolvimento de espécies fotossintetizantes, alterando a ecologia do ambiente cavernícola (Lino 1989).

5. MEDIDAS LEGAIS PARA CONSERVAÇÃO E PROTEÇÃO

Até 1988 não havia na Constituição Federal legislação específica que protegesse as cavernas brasileiras. Apenas cavidades com sítios arqueológicos e paleontológicos tinham proteção legal, devido ao seu conteúdo, conforme descrito na Lei Federal 3.924 de 26/07/1961 (Lino 1989).

No início de 1986 o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) publica sua resolução número 9, que tem como objetivo “criar uma Comissão Especial para tratar de assuntos relativos à preservação do Patrimônio Espeleológico”. Esta comissão era composta de oito entidades, cabendo mencionar a SBE, Sociedade Brasileira de Paleontologia, Sociedade Brasileira de Geologia e o IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional).

Em agosto de 1987, a resolução número 5 do CONAMA aprovou o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico, no qual inclui todos os animais troglóbios na relação de espécies em perigo de extinção e que devem ser preservados, dentre outras medidas (Hoenen 1997, Ferreira & Martins 2001).

Apenas na Constituição de 1988, o inciso X do artigo 20, prega que as cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos são bens da União (Pinheiro 1999). Em seu artigo 216, inciso V, a Constituição define que

“os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico”, constituem o patrimônio cultural brasileiro.

A Portaria número 887 (15/06/90) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, dispõe sobre a promoção e realização de diagnóstico ambiental do patrimônio espeleológico nacional, identificando as áreas críticas e definindo ações e instrumentos necessários à sua proteção e uso adequado (Piló 1999).

O Decreto Federal número 99.556 de 01/10/90, assinado pelo então vice-presidente da República Itamar Franco, “dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional”, decretando que as cavernas deverão ser preservadas e conservadas com finalidade de permitir estudos e pesquisas (Pinheiro 1999).

Em 1997, o IBAMA, através da sua Portaria número 057/97, institui o CECAV (Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas). Os principais argumentos para sua criação foram: *“a dimensão e a importância dos sistemas cársticos no Brasil para a proteção da biodiversidade e dos patrimônios espeleológico, paleontológico e arqueológico, no contexto da conservação nacional e internacional”* e *“o avanço da degradação ambiental nas cavidades naturais subterrâneas, devido à expansão das atividades econômicas não-sustentáveis, bem como ao uso turístico descontrolado e predatório”*.

Podemos notar que a última década foi muito importante para a proteção das cavernas, pois as mesmas passaram a ser amparadas pela lei, apesar de ser muito difícil de fiscalizar, devido principalmente ao grande número de cavidades espalhadas em 23 estados brasileiros e no Distrito Federal.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Ecossistemas Cavernícolas possuem um histórico de milhares de anos, e muitas incógnitas da evolução podem ser respondidas pelos processos de adaptação da fauna subterrânea.

Não basta apenas preservar o meio hipógeo, pois os animais e a própria gênese das cavidades são extremamente relacionados com o meio epígeo circundante, cabendo à este a mesma proteção e preservação do ambiente subterrâneo. Os impactos nos ambientes cavernícolas são mais relevantes, comparados ao meio epígeo, devido principalmente à estabilidade deste ambiente. Qualquer alteração pode afetar drasticamente as espécies que são adaptadas para vida nas cavernas, independentemente do seu grau de especialização à vida subterrânea.

É importante lembrar que muitas cavernas ainda não foram descobertas e as que já foram catalogadas devem ser preservadas, pois as espécies e suas relações ecológicas podem não ter sido estudadas detalhadamente. No Brasil há casos de cavernas que foram totalmente depredadas sem que nenhum estudo fosse realizado, como o caso de algumas cavernas do Paraná que foram destruídas pela atividade da mineração. Para ampliar a possibilidade de preservação do carste é importante investir e aumentar os recursos financeiros para pesquisas nesta área.

Devemos reforçar a mentalidade de preservação em todas as pessoas, iniciando a educação ambiental nas escolas de ensino fundamental, para evitar que o inventário de cavidades seja destruído pelo interesse da mentalidade capitalista, que deseja enriquecer, passando por cima de um bem natural que pertence a toda humanidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AULER, A. Espeleologia no Brasil: Uma abordagem histórica. *Espeleo-Tema*, V.18, p.23-30, 1997.
- AYUB, S. & BECKER, J.H. Estudo do meio em cavernas como ferramenta da Educação Ambiental e de que maneira este estudo é realizado no Brasil. *InformAtivo SBE*, nº 73, p.18-20, 1997.
- FERREIRA, R.L. & MARTINS, R.P. Guano de Morcegos: fonte de vida em cavernas. *Ciência Hoje*, V.25, n.146, p.34-40, 1999.
- FERREIRA, R.L. & MARTINS, R.P. Cavernas em risco de ‘extinção’. *Ciência Hoje*, V.29, n.173, p.20-28, 2001.
- FERREIRA, R.L. & POMPEU, P.S. Fatores que influenciam a riqueza e a diversidade da fauna associada a depósitos de guano na Gruta Taboa, Sete Lagoas, MG, Brasil. *O Carste*, V.9, n.2, p.30-33, 1997.
- FERREIRA, R.L.; NONAKA, É. & ROSA, C.A. Riqueza e abundância de fungos associados ao guano de morcegos hematófagos na Gruta da Lavoura (Matozinhos, MG). *O Carste*, V.12, n.1, p.46-52, 2000.
- GOMES, F.T.M.C.; FERREIRA, R.L. & JACOBI, C.M. Comunidade de artrópodes de uma caverna calcária em área de mineração: composição e estrutura. *Rev. bras. de Zoociências*, V.2, n.1, p.77-96, 2000.
- GONÇALVES, W.S. *Quiropterofilia*. Monografia de Graduação de Biologia da Faculdade de Ciências da Saúde, Centro Universitário de Brasília, Brasília – DF, 2001.
- HOENEN S. Conhecimento atual sobre o bagre cavernícola, *Pimelodella kronei*, da Província Espeleológica do Vale do Ribeira, SP. *Espeleo-Tema*, V.18, p.31-41, 1997.
- KOHLER, H. C. & CASTRO, J.F.M. Geomorfologia Cárstica. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (orgs.) *Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações*: 239-249. Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro – RJ, 1996.

- LINO, C. F. & ALLIEVI, J. *Cavernas Brasileiras*. Ed. Melhoramentos. São Paulo – SP, 168p. 1980.
- LINO, C. F. *Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo*. Ed. Rios. São Paulo – SP, 279p. 1989.
- MENDES, L.F. A caverna Poço Encantado e seus habitantes bagres cegos. *O Carste*, V.10, n.1, p.26, 1998a.
- MENDES, L.F. Bioespeleologia do Hidro-Carste. *O Carste*, V.10, n.1, p.27, 1998b.
- MOREIRA, J.R.A. & TRAJANO, E. Estudo do Topoclima de cavernas da Província Espeleológica Arenítica Altamira-Itaituba, Pará. *Espeleo-Tema*, V.16, p.75-82, 1992.
- PILÓ, L.B. Ambientes Cársticos de Minas Gerais: valor, fragilidade e impactos ambientais decorrentes da atividade humana. *O Carste*, V.11, n.3, p.50-58, 1999.
- PINHEIRO, Z.C. “Medidas de proteção e controle do patrimônio espeleológico, situado próximo aos sítios de atividades urbanas ou minerárias, no Estado de Minas Gerais”. In: *XXV Congresso Brasileiro de Espeleologia. Anais*: 145-157. Vinhedo – SP, 1999.
- PINTO-DA-ROCHA, R. Quantos animais vivem em nossas cavernas? *InformAtivo SBE*, nº 64, p.13, 1996.
- SBE. *Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil – CNC*. Disponível em: <http://www.sbe.com.br/cavernas_maiores.asp>. Acesso em 22/10/2002.
- SIMÕES, W. *Arqueologia e Espeleologia*. Disponível em: <http://www.sbe.com.br/cavernas_arqueo.asp>. Acesso em 30/09/2002a.
- SIMÕES, W. *Espeleologia e Paleontologia*. Disponível em: <http://www.sbe.com.br/cavernas_paleo.asp>. Acesso em 30/09/2002b.
- TRAJANO, E & GNASPINI-NETTO, P. Composição da fauna cavernícola brasileira, com uma análise preliminar da distribuição dos taxons. *Rev. Bras. Zool.* V.7, n.3, p.383-407, 1990.

- TRAJANO, E. & MOREIRA, J.R.A. Estudo da fauna de cavernas da província espeleológica arenítica Altamira-Itaituba, Pará. *Rev. Bras. Biol.*, V.51, n.1, p.13-29, 1991.
- TRAJANO, E. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. *Rev. Bras. Zool.*, V.3, n.8, p.533-557, 1987.
- TRAJANO, E. Nota sobre os cavernícolas da Província Espeleológica do Bambuí. *Espeleo-Tema*, V.16, p.95-101, 1992.
- TRAJANO, E. Synopsis of Brazilian Troglomorphic Fishes. *Mémoires de Biospéologie*. V.24, p.119-126, 1997.
- TRAJANO, E. As cavernas de Campo Formoso, Bahia: biologia da Toca do Gonçalo, com ênfase em uma nova espécie de bagres troglóbios. *O Carste*, V.10, n.3, p.84-91, 1998.
- ZEFA, E. Comportamento do grilo de caverna. *O Carste*, V.12, n.2, p.76-79, 2000.